



US5990500

Biblio

Desc

Claims

Drawing

esp@cenet



## Nitride compound s miconductor light emitting element and its manufacturing method

Patent Number: ☒ US5990500  
Publication date: 1999-11-23  
Inventor(s): OKAZAKI HARUHIKO (JP)  
Applicant(s): TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO (JP)  
Requested Patent: ☐ JP11274562  
Application Number: US19990261819 19990303  
Priority Number(s): JP19980077477 19980325  
IPC Classification: H01L33/00  
EC Classification: H01L33/00B4B, H01L33/00B4B2  
Equivalents:

### Abstract

A nitride compound semiconductor light emitting element is made by stacking a metal layer made of one of elements: palladium (Pd), scandium (Sc), vanadium (V), zirconium (Zr), hafnium (Hf), tantalum (Ta), rhodium (Rh), iridium (Ir), cobalt (Co) and copper (Cu), and another metal layer made of one of elements: titanium (Ti), nickel (Ni), molybdenum (Mo), tungsten (W) and magnesium (Mg), to increase the adhesive strength of its electrodes with a semiconductor layer, reduce the contact resistance of the electrodes to improve the ohmic characteristics, and improve the external quantum efficiency by combination of thin-film metals with a transparent electrode.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-274562

(43) 公開日 平成11年(1999)10月8日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 L 33/00

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00

C

E

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平10-77477

(22) 出願日 平成10年(1998)3月25日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 岡 崎 治 彦

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会  
社東芝川崎事業所内

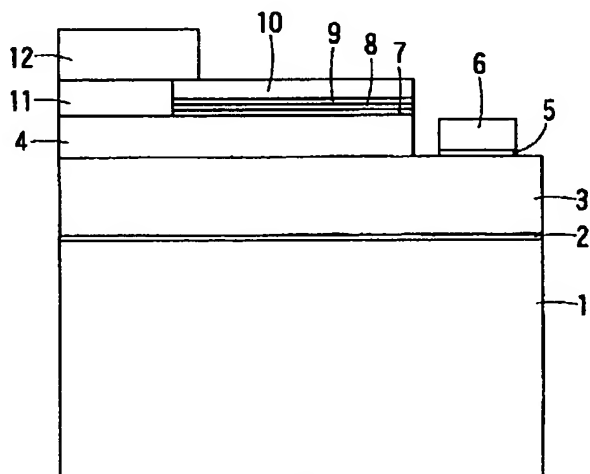
(74) 代理人 弁理士 佐藤 一雄 (外 3 名)

(54) 【発明の名称】 窒化ガリウム系化合物半導体発光素子およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 電極の半導体層への密着性向上、オーミック特性の改善、薄膜金属と透明電極の組み合わせによる外部量子効率の改善を実現することができる窒化ガリウム系化合物半導体発光素子およびその製造方法を提供することを目的とする。

【解決手段】 パラジウム (Pd)、スカンジウム (Sc)、バナジウム (V)、ジルコニウム (Zr)、ハフニウム (Hf)、タンタル (Ta)、ロジウム (Rh)、イリジウム (Ir)、コバルト (Co)、銅 (Cu) のいずれか元素からなる金属層と、チタン (Ti)、ニッケル (Ni)、モリブデン (Mo)、タングステン (W)、マグネシウム (Mg) のいずれかの元素からなる金属層とを積層することにより付着強度が高く、接触抵抗の低い電極を有する半導体発光素子を提供することができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】窒化ガリウム系化合物半導体からなる半導体層と、

前記半導体層に接触し、パラジウム(Pd)、スカンジウム(Sc)、バナジウム(V)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、タンタル(Ta)、ロジウム(Rh)、イリジウム(Ir)、コバルト(Co)、銅(Cu)よりなる群から選択された少なくともいずれかの元素を主成分とした金属層と、

を備え、

前記金属層は、チタン(Ti)、ニッケル(Ni)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)、マグネシウム(Mg)、金(Au)、白金(Pt)よりなる群から選択された少なくともいずれかの元素をさらに含有することを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項2】n型の窒化ガリウム系化合物半導体からなる半導体層と、

前記半導体層の上に堆積され、パラジウム(Pd)、スカンジウム(Sc)、バナジウム(V)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、タンタル(Ta)、ロジウム(Rh)、イリジウム(Ir)、コバルト(Co)、銅(Cu)よりなる群から選択された少なくともいずれかの元素を主成分とした金属層と、を備えたことを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項3】n型の窒化ガリウム系化合物半導体からなる半導体層と、

前記半導体層の上に堆積され、チタン(Ti)、ニッケル(Ni)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)、ハフニウム(Hf)よりなる群から選択された少なくともいずれかの元素からなる第1の金属層と、  
前記第1の金属層の上に堆積され、パラジウム(Pd)、スカンジウム(Sc)、バナジウム(V)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、タンタル(Ta)、ロジウム(Rh)、イリジウム(Ir)、コバルト(Co)、銅(Cu)、金(Au)よりなる群から選択された少なくともいずれかの元素を主成分とした第2の金属層と、を備えたことを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項4】p型の窒化ガリウム系化合物半導体からなる半導体層と、

前記半導体層の上に堆積され、チタン(Ti)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)、マグネシウム(Mg)よりなる群から選択された少なくともいずれかの元素からなる第1の金属層と、  
前記第1の金属層の上に堆積され、チタン(Ti)、ニッケル(Ni)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)、マグネシウム(Mg)、金(Au)よりなる群から選択された少なくともいずれかの元素からなる第2の金属層と、  
前記第2の金属層の上に堆積され、パラジウム(P

d)、スカンジウム(Sc)、バナジウム(V)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、タンタル(Ta)、ロジウム(Rh)、イリジウム(Ir)、コバルト(Co)、銅(Cu)、タングステン(W)、白金(Pt)よりなる群から選択された少なくともいずれかの元素を主成分とした第3の金属層と、を備えたことを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項5】前記第3の金属層の上に堆積された透光性電極層をさらに備え、

前記第1の金属層の層厚は、5nm以下であり、

前記第2の金属層の層厚は、5nm以下であり、

前記第3の金属層の層厚は、10nm以下であることを特徴とする請求項4記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項6】p型の窒化ガリウム系化合物半導体からなる半導体層の上に、チタン(Ti)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)、マグネシウム(Mg)よりなる群から選択された少なくともいずれかの元素からなる第1の金属層を5nm以下の層厚に堆積し、

前記第1の金属層の上に、チタン(Ti)、ニッケル(Ni)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)、マグネシウム(Mg)、金(Au)よりなる群から選択された少なくともいずれかの元素からなる第2の金属層を5nm以下の層厚に堆積し、

前記第2の金属層の上に、パラジウム(Pd)、スカンジウム(Sc)、バナジウム(V)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、タンタル(Ta)、ロジウム(Rh)、イリジウム(Ir)、コバルト(Co)、銅(Cu)、タングステン(W)、白金(Pt)よりなる群から選択された少なくともいずれかの元素を主成分とした第3の金属層を10nm以下の層厚に堆積し、  
熱処理を施して前記第1乃至第3の金属層を合金化させたものとして構成されたことを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項7】窒化ガリウム系化合物半導体からなる半導体層の上に、チタン(Ti)、ニッケル(Ni)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)、マグネシウム(Mg)、ハフニウム(Hf)よりなる群から選択された少なくともいずれかの元素からなる第1の金属層を堆積する工程と、

前記第1の金属層の上に、チタン(Ti)、ニッケル(Ni)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)、マグネシウム(Mg)、金(Au)よりなる群から選択された少なくともいずれかの元素からなる第2の金属層を堆積する工程と、

前記第2の金属層の上に、パラジウム(Pd)、スカンジウム(Sc)、バナジウム(V)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、タンタル(Ta)、ロジウム(Rh)、イリジウム(Ir)、コバルト(Co)、銅(Cu)、タングステン(W)、白金(Pt)よりな

る群から選択された少なくともいずれかの元素を主成分とした第3の金属層を堆積する工程と、熱処理を施して前記第1乃至第3の金属層を合金化する工程と、を備えたことを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法。

【請求項8】p型の窒化ガリウム系化合物半導体からなる半導体層の上に、チタン(Ti)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)、マグネシウム(Mg)よりなる群から選択された少なくともいずれかの元素からなる第1の金属層を5nm以下の層厚に堆積する工程と、前記第1の金属層の上に、チタン(Ti)、ニッケル(Ni)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)、マグネシウム(Mg)、金(Au)よりなる群から選択された少なくともいずれかの元素からなる第2の金属層を5nm以下の層厚に堆積する工程と、前記第2の金属層の上に、パラジウム(Pd)、スカンジウム(Sc)、バナジウム(V)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、タンタル(Ta)、ロジウム(Rh)、イリジウム(Ir)、コバルト(Co)、銅(Cu)、タングステン(W)、白金(Pt)よりなる群から選択された少なくともいずれかの元素を主成分とした第3の金属層を10nm以下の層厚に堆積する工程と、熱処理を施して前記第1乃至第3の金属層を合金化する工程と、を備えたことを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法。

【請求項9】前記熱処理の温度は、500℃以下であることを特徴とする請求項7または8に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、窒化ガリウム系化合物半導体発光素子およびその製造方法に関する。より詳しくは、本発明は、基板上にGa<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>、In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N、Ga<sub>x</sub>Al<sub>1-x</sub>Nなどの窒化ガリウム系化合物半導体層が積層された発光素子において、付着強度が高く、接触抵抗も低い電極を有する窒化ガリウム系化合物半導体発光素子およびその製造方法ならびに発光装置に関する。

##### 【0002】

【従来の技術】近年、Al<sub>x</sub>Ga<sub>y</sub>In<sub>1-x-y</sub>N (0 ≤ x ≤ 1, 0 ≤ y ≤ 1, x + y ≤ 1) であらわされる窒化ガリウム系化合物半導体が紫外光領域から青色あるいは緑色発光ダイオード(LED)の材料として注目されている。このような材料の化合物半導体を使うことによって、これまで困難であった発光強度の高い紫外光、青色、緑色等の発光が可能となった。このような窒化ガリウム系化合物半導体は、一般に絶縁性基板であるサファイア基板上に成長されるため、GaAs系の発光素子の

ように基板の裏面に電極を設けることができない。このため結晶成長した半導体層側にアノード電極とカソード電極の両方を形成することが必要である。

【0003】特に、窒化ガリウム系化合物半導体を用いた半導体素子の場合、サファイア基板が発光波長に対して透光性を有するため、電極面を下側にしてマウントし、サファイア基板側から光を取り出す構造が一般的である。

【0004】図7は、従来の窒化ガリウム系化合物半導体素子の構造例を表す概略図である。すなわち、発光素子は、サファイア基板1にGa<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>バッファ層2、n型Ga<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>層3とp型Ga<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>層4が結晶成長されて、p型Ga<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>層4の一部がエッチング除去されてn型Ga<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>層3が露出されており、p型Ga<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>層4上にp側電極15、n型Ga<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>層上にn側電極14が形成されている。このような発光素子は、リードフレーム17上に電極形成面を下側にして銀ペースト等の導電性接着材料16でマウントされている。

##### 【0005】

【発明が解決しようとする課題】図7に示したような従来の半導体発光素子では、p型Ga<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>層4からn型Ga<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>層2に電流が注入されて生じた発光が、p側電極15で反射されてサファイア基板1を通して外部に取り出される。しかし、このような従来の構造の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子では、導電性接着材料16がリードフレーム17、17の間(図7の符号A)や、pn接合の間(図7の符号B)にまで広がり易く、電極間あるいは接合間でショートが生じやすい。その結果として、素子のマウントの際の歩留まりが著しく低下するばかりでなく、長期信頼性も劣化しやすいという問題があった。

【0006】さらに、リードフレームと素子のマウント位置精度が高精度であることが必要とされるため量産性に欠けるという問題もある。これらの問題を避けるためには素子サイズを大きくしてリードフレーム17、17の間隔を広くすれば良いが、ウエハからとれるチップ数が減少しコストが高くなるという問題が生ずる。

【0007】一方、発光素子の順方向電圧を低下させるためには、電極と窒化ガリウム半導体層とがオーミック接触をしている必要がある。従来は、n側電極としては、アルミニウム(Al)を含む電極、p側電極にはニッケル(Ni)や金(Au)を含む電極が用いられていた。ところが、これらの材料を用いた電極では必ずしも好ましいオーミック接触は得られていないばかりか、AlやNiはGa<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>層に侵入して信頼性の低下も招いていた。

【0008】本発明は、このような事情に鑑みてなされたものである。すなわち、その目的は、電極の半導体層への密着性向上、オーミック特性の改善、薄膜金属と透明電極の組み合わせによる外部量子効率の改善を実現す

ることができる窒化ガリウム系化合物半導体発光素子およびその製造方法を提供することにある。

#### 【0009】

【課題を解決するための手段】すなわち、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、窒化ガリウム系化合物半導体からなる半導体層と、前記半導体層に接触し、パラジウム(Pd)、スカンジウム(Sc)、バナジウム(V)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、タンタル(Ta)、ロジウム(Rh)、イリジウム(Ir)、コバルト(Co)、銅(Cu)よりなる群から選択された少なくともいずれか元素を主成分とした金属層と、を備え、前記金属層は、チタン(Ti)、ニッケル(Ni)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)、マグネシウム(Mg)、金(Au)、白金(Pt)よりなる群から選択された少なくともいずれかの元素をさらに含有することを特徴とし、付着強度が高く、接触抵抗が低い電極を有する発光素子を実現することができる。

【0010】または、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、n型の窒化ガリウム系化合物半導体からなる半導体層と、前記半導体層の上に堆積され、パラジウム(Pd)、スカンジウム(Sc)、バナジウム(V)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、タンタル(Ta)、ロジウム(Rh)、イリジウム(Ir)、コバルト(Co)、銅(Cu)よりなる群から選択された少なくともいずれか元素を主成分とした金属層と、を備えたことを特徴とする。

【0011】または、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、n型の窒化ガリウム系化合物半導体からなる半導体層と、前記半導体層の上に堆積され、チタン(Ti)、ニッケル(Ni)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)、ハフニウム(Hf)よりなる群から選択された少なくともいずれかの元素からなる第1の金属層と、前記第1の金属層の上に堆積され、パラジウム(Pd)、スカンジウム(Sc)、バナジウム(V)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、タンタル(Ta)、ロジウム(Rh)、イリジウム(Ir)、コバルト(Co)、銅(Cu)、金(Au)よりなる群から選択された少なくともいずれか元素を主成分とした第2の金属層と、を備えたことを特徴とする。

【0012】または、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、p型の窒化ガリウム系化合物半導体からなる半導体層と、前記半導体層の上に堆積され、チタン(Ti)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)、マグネシウム(Mg)よりなる群から選択された少なくともいずれかの元素からなる第1の金属層と、前記第1の金属層の上に堆積され、チタン(Ti)、ニッケル(Ni)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)、マグネシウム(Mg)、金(Au)よりなる群から選択された少なくともいずれかの元素からなる第2

の金属層と、前記第2の金属層の上に堆積され、パラジウム(Pd)、スカンジウム(Sc)、バナジウム(V)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、タンタル(Ta)、ロジウム(Rh)、イリジウム(Ir)、コバルト(Co)、銅(Cu)、タングステン(W)、白金(Pt)よりなる群から選択された少なくともいずれか元素を主成分とした第3の金属層と、を備えたことを特徴とする。

【0013】ここで、前記第3の金属層の上に堆積された透光性電極層をさらに備え、前記第1の金属層の層厚は、5nm以下であり、前記第2の金属層の層厚は、5nm以下であり、前記第3の金属層の層厚は、10nm以下であることを特徴とすることにより、5nm以下の薄いチタン(Ti)、タングステン(W)層等の薄膜金属で電極と半導体層の密着性を向上させ、さらに5nm以下の薄いマグネシウム(Mg)層、10nm以下の薄膜パラジウム(Pd)層、薄膜白金(Pt)層等の薄膜金属により良好なオーミック接触を得て、さらにITO等の透明電極を形成することにより薄膜電極のシート抵抗の低減をはかるとともに発光面内への均一な電流注入を実現することができる。

【0014】または、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、p型の窒化ガリウム系化合物半導体からなる半導体層の上に、チタン(Ti)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)、マグネシウム(Mg)よりなる群から選択された少なくともいずれかの元素からなる第1の金属層を5nm以下の層厚に堆積し、前記第1の金属層の上に、チタン(Ti)、ニッケル(Ni)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)、マグネシウム(Mg)、金(Au)よりなる群から選択された少なくともいずれかの元素からなる第2の金属層を5nm以下の層厚に堆積し、前記第2の金属層の上に、パラジウム(Pd)、スカンジウム(Sc)、バナジウム(V)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、タンタル(Ta)、ロジウム(Rh)、イリジウム(Ir)、コバルト(Co)、銅(Cu)、タングステン(W)、白金(Pt)よりなる群から選択された少なくともいずれか元素を主成分とした第3の金属層を10nm以下の層厚に堆積し、熱処理を施して前記第1乃至第3の金属層を合金化させものとして構成されたことを特徴とする。

【0015】一方、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法は、窒化ガリウム系化合物半導体からなる半導体層の上に、チタン(Ti)、ニッケル(Ni)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)、マグネシウム(Mg)、ハフニウム(Hf)よりなる群から選択された少なくともいずれかの元素からなる第1の金属層を堆積する工程と、前記第1の金属層の上に、チタン(Ti)、ニッケル(Ni)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)、マグネシウム(Mg)、金

(Au)よりなる群から選択された少なくともいずれかの元素からなる第2の金属層を堆積する工程と、前記第2の金属層の上に、パラジウム(Pd)、スカンジウム(Sc)、バナジウム(V)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、タンタル(Ta)、ロジウム(Rh)、イリジウム(Ir)、コバルト(Co)、銅(Cu)、タングステン(W)、白金(Pt)よりなる群から選択された少なくともいずれか元素を主成分とした第3の金属層を堆積する工程と、熱処理を施して前記第1乃至第3の金属層を合金化する工程と、を備えたことを特徴とする。

【0016】または、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法は、p型の窒化ガリウム系化合物半導体からなる半導体層の上に、チタン(Ti)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)、マグネシウム(Mg)よりなる群から選択された少なくともいずれかの元素からなる第1の金属層を5nm以下の層厚に堆積する工程と、前記第1の金属層の上に、チタン(Ti)、ニッケル(Ni)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)、マグネシウム(Mg)、金(Au)よりなる群から選択された少なくともいずれかの元素からなる第2の金属層を5nm以下の層厚に堆積する工程と、前記第2の金属層の上に、パラジウム(Pd)、スカンジウム(Sc)、バナジウム(V)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、タンタル(Ta)、ロジウム(Rh)、イリジウム(Ir)、コバルト(Co)、銅(Cu)、タングステン(W)、白金(Pt)よりなる群から選択された少なくともいずれか元素を主成分とした第3の金属層を10nm以下の層厚に堆積する工程と、熱処理を施して前記第1乃至第3の金属層を合金化する工程と、を備えたことを特徴とする。

【0017】ここで、前記熱処理の温度は、500℃以下とすることが望ましい。

【0018】すなわち、本発明によれば、窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、窒化ガリウム系化合物半導体層に接してチタン(Ti)、ニッケル(Ni)等を含む、薄膜パラジウム(Pd)電極を形成することを特徴とする。また、p型の窒化ガリウム系化合物半導体層に対しては、この層に接して、5nm以下の薄いチタン(Ti)、タングステン(W)層等の薄膜金属で電極と半導体層の密着性を向上させる。さらに5nm以下の薄いマグネシウム(Mg)層、10nm以下の薄膜パラジウム(Pd)層、薄膜白金(Pt)層等の薄膜金属により良好なオーミック接触を得て、さらにITO等の透明電極を形成することにより薄膜電極のシート抵抗の低減をはかるとともに発光面内への均一な電流注入を実現することができる。さらに、これらの一部と接続してボンディング用電極を設けることを特徴とする。

【0019】一方、n型の窒化ガリウム系化合物半導体層に対しては、この層に接して、5nm以下の薄いチタ

ン(Ti)、ニッケル(Ni)層等により密着性を向上させ、さらにハフニウム(Hf)等の金属層により良好なオーミック特性を実現して、さらにボンディングのために金(Au)層を形成する事を特徴とする。

【0020】また、さらにこのような窒化ガリウム系化合物半導体発光素子を500℃以下の温度でアニールすることを特徴とする。

【0021】本発明によれば、電極の密着性向上、オーミック特性の改善、薄膜金属と透明電極との組み合わせによる外部量子効率の改善がはかられた。また、電極面を下にしてマウントしサファイア基板側から光を取り出す構成ではないので、従来の問題点であった、電極間あるいは接合間でのショート、マウントの際の歩留まりの著しい低下、長期信頼性の劣化等々の問題点が解決される。さらに、カップ型のリードフレームを使うことができるため、効率良く光を取り出すことができる。

【0022】

【発明の実施の形態】以下に図面を参照しつつ、本発明の実施の形態について説明する。図1は、本発明の第1の実施の形態に係る窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の構造を例示する概略断面図である。すなわち、本発明の発光素子は、サファイア基板1上に積層された窒化ガリウム系半導体層2～4からなる積層構造を有する。また、素子のp側には、3層の金属層7～9からなるp側電極と透明電極10とが積層され、電極パッド12に接続されている。また、n側においては、金属層5、6からなるn側電極が設けられている。

【0023】ここで、p側電極を形成する3層の金属層7～9のそれぞれの材料としては、以下に挙げるいずれかが用いられる。すなわち、第1の金属層7は、電極とコンタクト層4との付着強度を維持し、オーミック接触を確保する役割を有する。その材料としては、チタン(Ti)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)、マグネシウム(Mg)のうちのいずれかが用いられる。また、その層厚としては、5nm以下であることが望ましい。これよりも厚いと、接触抵抗が上昇し、電極の付着強度が低下する傾向がみられたからである。また、第2の金属層8も、電極とコンタクト層4との付着強度を維持し、オーミック接触を確保する役割を有する。その材料としては、チタン(Ti)、ニッケル(Ni)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)、マグネシウム(Mg)、金(Au)のうちのいずれかが用いられる。また、その層厚としては、5nm以下であることが望ましい。これよりも厚いと、接触抵抗が上昇し、電極の付着強度が低下する傾向がみられたからである。また、第3の金属層9は、コンタクト層4とのオーミック接触を改善する役割を有する。その材料としては、パラジウム(Pd)、スカンジウム(Sc)、バナジウム(V)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、タンタル(Ta)、ロジウム(Rh)、イリジウム(I

r)、コバルト(Co)、銅(Cu)、タングステン(W)、白金(Pt)のうちのいずれかが用いられる。また、その層厚としては、10nm以下であることが望ましい。これよりも厚いと、電極の付着強度が低下する傾向がみられたからである。さらに、これらの薄膜金属層の上に透明電極層10を積層することにより、電極のシート抵抗を大幅に低減することができる。

【0024】ここでは、p側電極の第1の金属層7としてチタン(Ti)、第2の金属層としてマグネシウム(Mg)をそれぞれ用いた場合を例示する。

【0025】一方、n側電極の第1の金属層5は、オーミック接触を確保する役割を有する。その材料としては、パラジウム(Pd)、スカンジウム(Sc)、バナジウム(V)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、タンタル(Ta)、ロジウム(Rh)、イリジウム(Ir)、コバルト(Co)、銅(Cu)のうちのいずれかが用いられる。ここでは、第1の金属層5の材料としてパラジウム(Pd)を用いた場合について説明する。

【0026】また、n側電極の第2の金属層6の材料としては、金(Au)が用いられる。本実施形態にかかる半導体発光素子の製造工程について概説すれば以下の如くである。まず、サファイア基板1の上に、GaNバッファ層2、n型GaN層3、p型GaN層4を順次結晶成長させる。次に、p型GaN層4をPEP法によりパターンニングし、RIE(reactive ion etching)法等によりエッチングしてn型GaN層3の一部を露出させる。

【0027】次に、PEP法を用いてパターンニングし、n側電極としてn型GaN層3の上にパラジウム(Pd)膜5、金(Au)膜6等を蒸着し、リフトオフによりパターンニング形成する。

【0028】次に、PEP法によりパターンニング後、p型GaN層4の上に真空蒸着法により、厚さ1nmのチタン(Ti)層7、厚さ1nmのマグネシウム(Mg)層8、厚さ10nmのPd電極9を順次形成し、さらに、RFスパッタ法により酸化インジウム錫(indium tin oxide:ITO)膜10を形成後、リフトオフ法によってパターンを形成する。

【0029】次に、p側薄膜電極と半導体層間の密着性、オーミック性を向上のため、またn側電極のオーミック性向上のため450℃、20秒程度のフラッシュアニールを行う。但し、半導体層表面に酸化物等がなく十分に清浄な状態であれば、このフラッシュアニール工程は不要となる場合も有り得る。

【0030】次に、熱CVD法によりSiO<sub>2</sub>膜11を形成後、PEP法を用いてパターンニングしてp側ボンディングパッド12下にパターンを形成する。更に、PEP法を用いてパターンニング後、リフトオフ法によりp側透明電極(ITO)10からSiO<sub>2</sub>膜11上にかけてTi/Au等の金属膜でボンディングパッド12を形成

することにより発光素子が完成する。

【0031】図2は、このようにして得られた本発明の発光素子のn側電極部分の電流・電圧特性を表すグラフ図である。同図においては、本発明によるパラジウム/金の積層構造の電極を形成した場合と、従来例としてチタン/金の積層構造を形成した場合とを比較して示した。図2から、n側電極として、パラジウムを採用した本発明の素子においては、良好なオーミック性を示し、その接触抵抗も従来の約1/4に低減したことが分かった。

【0032】また、図3は、本発明の発光素子のp側電極部分の電流・電圧特性を表すグラフ図である。同図においては、本発明によるマグネシウム/パラジウム/ITOの積層構造の電極を形成した場合と、従来例としてニッケル/金の積層構造を形成した場合とを比較して示した。図3から、本発明の素子は、良好なオーミック性を示し、その接触抵抗も従来の約半分に低減していることが分かった。

【0033】また、n側電極とp側電極のそれぞれに対して、金(Au)ワイアをボンディングした結果、電極の剥がれなどは見られず、電極の付着強度も十分に高いことが分かった。

【0034】本発明の発光素子においては、20mAの電流に対する順方向電圧は3.4Vであり、光出力は91μWという良好な特性が得られた。さらに、ウェーハ面内でのI-V特性や光出力のばらつきも非常に少なく、素子歩留りは良好であった。

【0035】次に、本発明の第2の実施の形態について説明する。

【0036】図4は、本発明の第2の実施の形態に係る窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の構造を例示する概略断面図である。すなわち、本実施形態の発光素子も、サファイア基板1上に積層された窒化ガリウム系半導体層2~4からなる積層構造を有する。また、素子のp側には、p側電極と透明電極10とが積層され、電極パッド12に接続されている。また、n側においては、金属層5、6からなるn側電極が設けられている。前述した第1実施形態と同一の部分には、同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

【0037】ここで、本実施形態においては、p側電極の形成に際して、前述した第1実施形態の第1の金属層7と第2の金属層8とをそれぞれごく薄い膜厚で堆積する。ここでは、一例として、第1の金属層としてチタン(Ti)、第2の金属層としてマグネシウム(Mg)をそれぞれ用いた場合について例示する。

【0038】すなわち、本実施形態においては、p側電極として、厚さ0.2nmのチタン(Ti)層7'と、厚さ0.2nmのマグネシウム(Mg)層8'と、厚さ5nmのパラジウム(Pd)層9'とを積層する。このように、チタンやマグネシウムを極めて薄い膜厚で堆積した



場合には、必ずしも連続的な薄膜とはならず、図4において一部拡大図として示したように、コンタクト層4の上に島状に形成される場合が多い。つまり、第1の金属層7'と第2の金属層9'とは、それぞれ島状に形成される。また、これらの金属層の堆積後に、アニールを施しても良く、また、半導体層と電極金属との間が十分に清浄な状態であれば、特にアニールはしなくても良い。ここで、アニールによって電極金属は合金化してもかまわないが半導体層と電極金属とが過剰に反応すると望ましくないため、アニール温度としては、500℃以下とすることが望ましい。

【0039】このように、p側電極の形成に際して、第1の金属層と第2の金属層とを極めて薄く堆積した場合においても、付着強度は良好であり、且つ良好なオーミック性と低い接触抵抗とを実現することができる。これは、第1及び第2の金属層が有する付着強度の改善の作用と、第3の金属層が有するオーミック性の確保の作用とが維持された結果であると考えられる。

【0040】次に、本発明の第3の実施の形態について説明する。

【0041】図5は、本発明の第3の実施の形態に係る窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の構造を例示する概略断面図である。すなわち、本実施形態の発光素子も、サファイア基板1上に積層された窒化ガリウム系半導体層2～4からなる積層構造を有する。前述した第1実施形態と同一の部分には、同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

【0042】本実施形態においては、素子のp側においては、第1の金属層8と第2の金属層9と透明電極10とが形成されている。第1の金属層8の材料としては、チタン(Ti)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)、マグネシウム(Mg)、金(Au)のうちのいずれかが用いられる。

【0043】また、第2の金属層9の材料としては、パラジウム(Pd)、スカンジウム(Sc)、バナジウム(V)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、タンタル(Ta)、ロジウム(Rh)、イリジウム(Ir)、コバルト(Co)、銅(Cu)、白金(Pt)、タングステン(W)のうちのいずれかが用いられる。

【0044】ここでは、p側電極の第1の金属層8としてマグネシウム(Mg)、第2の金属層9としてパラジウム(Pd)層9、透明電極10としてITOをそれぞれ用いた場合を例示する。

【0045】一方、素子のn側においては、第1の金属層13と第2の金属層5と第3の金属層6からなる3層構造の電極が形成されている。

【0046】n側電極の第1の金属層13は、コンタクト層3との付着強度を確保する役割を有する。その材料としては、チタン(Ti)、ニッケル(Ni)、モリブ

デン(Mo)、タングステン(W)のうちのいずれかが用いられる。また、その層厚としては、5nm以下であることが望ましい。これよりも厚いと、接触抵抗が上昇し、電極の付着強度が低下する傾向がみられたからである。

【0047】また、n側電極の第2の金属層5は、オーミック接触を確保する役割を有する。その材料としては、パラジウム(Pd)、スカンジウム(Sc)、バナジウム(V)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、タンタル(Ta)、ロジウム(Rh)、イリジウム(Ir)、コバルト(Co)、銅(Cu)のうちのいずれかが用いられる。

【0048】また、n側電極の第3の金属層6としては、金(Au)が用いられる。

【0049】ここでは、n側電極の第1の金属層13としてチタン(Ti)、第2の金属層5としてパラジウム(Pd)を用いた場合を例示する。

【0050】このようにp側においてコンタクト層4にマグネシウム層8とパラジウム層9とを形成し、n側において、コンタクト層3にチタン層13とパラジウム層5とを形成した場合においても、p側とn側ともに良好なオーミック性と低い接触抵抗とを実現することができる。

【0051】以上、具体例を参照しつつ本発明の実施の形態について説明した。しかし、本発明は、これらの具体例に限定されるものではない。例えば、前述した具体例においては、電極材料としてマグネシウム(Mg)、チタン(Ti)、パラジウム(Pd)、金(Au)を用い、また、透明電極としてITO、半導体層としてGaNをそれぞれ用いる場合を例示して説明したが、これらに限るものではない。すなわち、本発明によれば、p側とn側とにおいて、それぞれ、第1の金属層と第2の金属層とについて前述したいずれかの金属または、それらの合金を用いて同様の効果を得ることができる。

【0052】また、それぞれの電極は、前述した2層または3層の積層構造に限定されず前述したいずれかの金属層からなる4層以上の積層構造であっても良い。

【0053】また、透明電極として用いることができるものは、前述のITO以外にも、例えば、錫酸化物を用いても良く、または、金(Au)などの金属をごく薄く堆積したものを用いても良い。

【0054】さらに、発光素子の構造としては、前述したものの以外にも、電極とのコンタクト部に窒化ガリウム系化合物半導体を用いたものであれば良く、各種の構造の発光ダイオードや半導体レーザなどについて同様に適用することができる。

【0055】

【発明の効果】本発明は、以上説明したような形態で実施され、以下に説明する効果を奏する。

【0056】まず、本発明によれば、窒化ガリウム系化



合物半導体発光素子において、 $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ,  $x+y \leq 1$ ) からなる半導体に接触してチタン (Ti) やタングステン (W) 等を含む、薄膜パラジウム (Pd) 電極を形成することにより、p側電極、n側電極ともにオーミック特性を改善できる。

【0057】ここで、p型の窒化ガリウム系化合物半導体層に対しては、この層に接触した5nm以下の薄いチタン (Ti)、タングステン (W) 層等の薄膜金属層を設けることにより、電極と半導体層との密着性を向上させることができる。

【0058】さらに、5nm以下の薄いマグネシウム (Mg) 層、10nm以下の薄膜パラジウム (Pd) 層、薄膜白金 (Pt) 層等の薄膜金属層を積層させることにより、良好なオーミック接触を得ることができる。

【0059】さらに、ITO等の透明電極を積層させることにより薄膜電極のシート抵抗の低減をはかるとともに発光面内への均一な電流注入を実現することができる。

【0060】一方、n型の窒化ガリウム系化合物半導体層に対しては、この層に接触して、5nm以下の薄いチタン (Ti)、ニッケル (Ni) 層等により密着性を向上させ、さらにパラジウム (Pd) 等の金属層により良好なオーミック特性を実現して、さらに金 (Au) 層を積層することにより、電極のシート抵抗を大幅に低減すると共に、ワイアボンディングを容易に実施することができるようになる。

【0061】また、このような窒化ガリウム系化合物半導体発光素子を500℃以下の温度でアニールすることにより、電極金属と半導体層との過剰な反応を抑制しつつ電極の付着強度を改善し、コンタクト抵抗を低減することができる。

【0062】さらに、本発明によれば、標準的なカップ型のリードフレームにマウントして、効率良く光を取り出すことができる。図6は、本発明の半導体発光素子をリードフレームにマウントした状態を表す概略図である。すなわち、本発明の半導体発光素子が、カップ型のリードフレーム30にマウントされ、ワイア32、32により接続されている。なお、同図においては、半導体発光素子の電極部の詳細な構造は、省略して表した。本発明によれば、同図に表したように、広く用いられているカップ型のリードフレームを用いることができ、低いコストで、高い発光輝度の発光装置を容易に実現することができるようになる。

【0063】以上説明したように本発明によれば、電極の半導体層への密着性向上、オーミック特性の改善、薄膜金属と透明電極の組み合わせによる外部量子効率の改善が実現され、産業上のメリットは多大である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の構造を例示する概略断面図である。

【図2】本発明の発光素子のn側電極部分の電流・電圧特性を表すグラフ図である。

【図3】本発明の発光素子のp側電極部分の電流・電圧特性を表すグラフ図である。

【図4】本発明の第2の実施の形態に係る窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の構造を例示する概略断面図である。

【図5】本発明の第3の実施の形態に係る窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の構造を例示する概略断面図である。

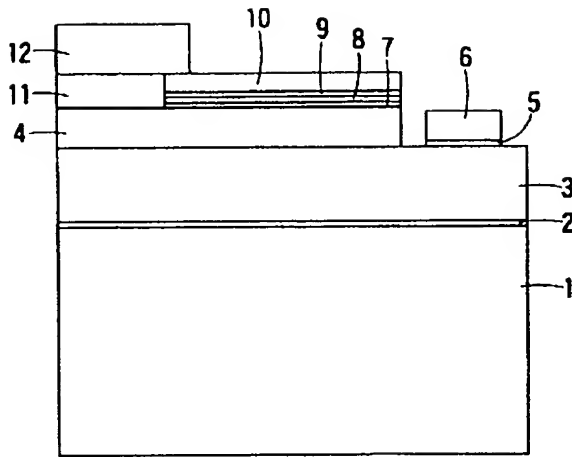
【図6】本発明の半導体発光素子をリードフレームにマウントした状態を表す概略図である。

【図7】従来の窒化ガリウム系化合物半導体素子の構造例を表す概略図である。

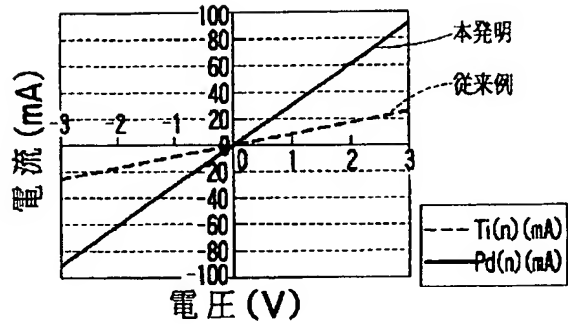
【符号の説明】

- 1 サファイア基板
- 2 GaNバッファ層
- 3 n型GaN層
- 4 p型GaN層
- 5 第1の金属層
- 6 金 (Au) 層
- 7 第1の金属層
- 8 第2の金属層
- 9 第3の金属層
- 10 透明電極
- 11 絶縁膜
- 12 ボンディング用Ti/Au層
- 13 第1の金属層
- 14 n側電極
- 15 p側電極
- 16 導電性接着材料
- 17 リードフレーム
- 30 カップ型リードフレーム
- 32 ワイア
- A リードフレーム間
- B pn接合間

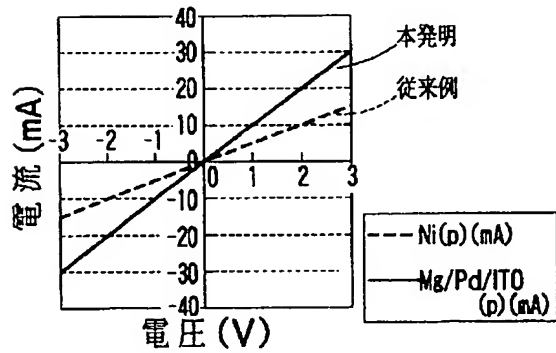
【図1】



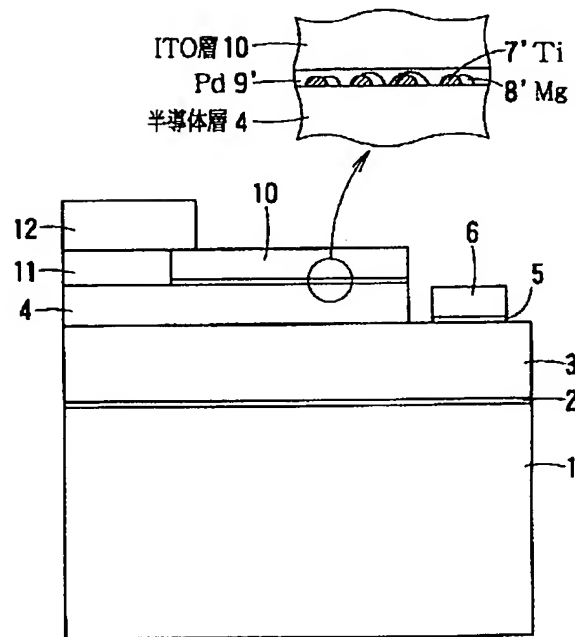
【図2】



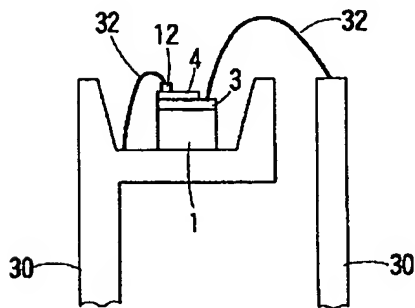
【図3】



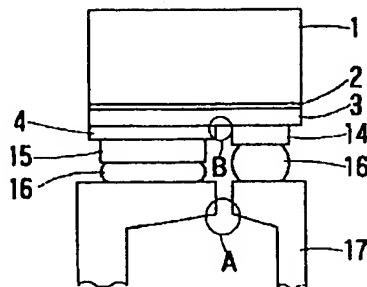
【図4】



【図6】



【図7】



【図5】

